鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗氧化能力、非特异性免疫力和抗病力的影响

刘晋菘[1] 周奇坤[1] 王 洋[1] 杨 广[1] 张宝龙[2] 朱国霞[1] 方珍珍[1] 白东清[1*]

（1.天津农学院水产学院，天津市水产生态及养殖重点实验室，天津 300384；2.天津现代晨辉科技集团有限公司，天津 301800）

摘 要：为探讨鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗氧化能力、非特异性免疫力和抗病力的影响，选取健康1龄全雄黄颡鱼720尾，初始体重为(35.25±1.63) g，初始体长为(14.07±0.24) cm，随机分为6组（每组3个重复，每个重复40尾），分别投喂添加0、0.04%、0.08%、0.16%、0.32%和0.64%鸡血藤醇提物的等氮等能饲料，依次标记为T1～T6组，并以T1组为对照组。饲养60 d后测定黄颡鱼各组织（鳃、脑、头肾、中肾、肝胰脏、脾脏）及血清中超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性与丙二醛（MDA）、谷胱甘肽（GSH）、一氧化氮（NO）含量，以及肝胰脏及血清中谷丙转氨酶（GPT）、谷草转氨酶（GOT）活性与血清中补体3（C3）、免疫球蛋白（IgM）、白蛋白（ALB）含量。饲养试验结束后，通过注射嗜水气单胞菌进行攻毒，计算攻毒7 d后的累积死亡率和免疫保护率。结果显示：添加0.16%～0.32%鸡血藤醇提物能显著提高黄颡鱼各组织及血清中SOD、CAT、GSH-Px活性与GSH含量以及血清中C3和ALB含量（$P<0.05$），并能显著降低黄颡鱼各组织及血清中MDA含量（$P<0.05$）；GOT和GPT活性在肝胰脏中随着鸡血藤醇提物添加量的增加呈先上升后下降的趋势，但二者在血清中呈相反的趋势；各组血清中IgM含量没有显著差异（$P>0.05$）；肝胰脏、血清、头肾中NO含量随着鸡血藤醇提物添加量的增加呈先上升后下降的趋势，鳃、脑中NO含量则呈先下降后上升的趋势，脾和中肾中NO含量不随鸡血藤醇提物添加量的变化而显著变化（$P>0.05$）；攻毒试验中，饲料中添加0.16%～0.32%鸡血藤醇提物能显著降低攻毒7 d后的累积死亡率（$P<0.05$），并有效提高免疫保护率。由此得出，综合抗氧化能力、非特异性免疫力和抗病力，黄颡鱼饲料中鸡血藤醇提物的适宜添加量为0.16%～0.32%。

关键词：黄颡鱼；鸡血藤醇提物；抗氧化能力；非特异性免疫力；抗病力

中图分类号：S963 文献标识码：A 文章编号：

收稿日期：2018-02-01

基金项目：天津市水产产业技术体系创新团队淡水鱼营养岗位专家项目（ITTFRS2017003）；天津市科委项目（16JCTPJC44600，16YFNZNC00070）

作者简介：刘晋菘（1993—），男，天津人，硕士研究生，水产动物营养与饲料学专业。E-mail: 562497782@qq.com

*通信作者：白东清，教授，硕士生导师，E-mail：baidongqing@tjau.edu.cn

鸡血藤是一味富含黄酮类化合物的中草药，其主要分布于广东、广西及云南地区。通过现代药理学研究得出，鸡血藤具有抗氧化、抗病毒、抗肿瘤、调节脂代谢的作用[1-5]。鸡血藤醇提物成分复杂，主要包括黄酮类、木脂素类、蒽醌类等，其中黄酮类是鸡血藤醇提物中指标性成分[1]。黄酮类化合物主要分为黄酮类、异黄烷酮类等，成分包括刺芒柄花素、芒柄花甙、樱黄素等[1]。黄酮类化合物在消除自由基和抑菌抗癌等方面效果显著，且无副作用，研究前景广阔。同时，黄酮类化合物对油脂的抗氧化作用有 2 种途径：一是消除铁、铜等金属离子的催化作用[6]；二是将氢供给脂肪的自由基，自身则转变为酚基自由基，酚基自由基的稳定性会降低自动氧化的连锁反应的传递速度，能够抑制油脂的进一步氧化[7]。

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidrac*)属鲶形目，黄颡鱼属，广泛分布于各个水系之中，是一种经济鱼类。黄颡鱼的肉质细嫩、鲜美，无肌间刺，同时具有较高的含肉率和中等含量的脂肪，矿物质含量较丰富，肌肉系水力较好，肉质具有硬度大、弹性好等特点，广受消费者们的喜爱，已成了我国新兴的养殖鱼类之一，也是市场上的名优品种。在天津地区，黄颡鱼的销量可观，养殖资源丰富，大池塘混养经济效益高[8]。但同时，由于近年来的高密度养殖，导致黄颡鱼疾病频发，发病池塘死亡率高，经济损失惨重，制约了黄颡鱼的健康可持续发展。基于此，本试验以黄颡鱼为研究对象，探讨鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗氧化能力、非特异性免疫力和抗病力的影响，旨在寻求提高黄颡鱼抗氧化能力和非特异性免疫力，减少疾病发生的新型添加剂，为黄颡鱼用免疫增强剂的开发提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　试验鱼

本试验所用黄颡鱼及室内养殖场均由天津市蓝科水产有限公司提高。选取同一批次的全雄黄颡鱼，初始体重为（35.25±1.63） g，初始体长为(14.07±0.24) cm。前期暂养 30 d，投喂基础饲料，以驯化黄颡鱼适应饲料和养殖环境，每日换水 1 次，每次换 1/3 的水量。最终选取 720 条健康的黄颡鱼进行养殖试验。

1.1.2　试验饲料

本试验所用饲料原料均购自天津市天祥水产有限责任公司，将所有饲料原料进行粉碎，通过 80 目筛后，进行混合，使用蒸馏水混匀，达到能成团、不掉粉即可。混匀后的饲料原

料，使用平模饲料颗粒机制成直径为 2.5 mm 的颗粒饲料，转移至烘箱中，烘 30 min 后，取出放置于阴凉处，风干，转至干燥处避光保存，防止饲料变质。饲料制作的过程中，分别按照 0（对照）、0.04%、0.08%、0.16%、0.32%和 0.64%的添加量加入鸡血藤醇提物（购自西安瑞林生物科技有限公司），并分别标记为 T1～T6 组。试验饲料组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲料组成及营养水平（风干基础）

Table1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
原料 Ingredients						
鱼粉 Fish meal	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
豆粕 Soybean meal	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
花生粕 Peanut meal	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
棉籽粕 Cottonseed meal	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
菜籽粕 Canola meal	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
豆油 Soybean oil	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
预混料 Premix[1)]	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
面粉 Flour	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
麸皮 Bran	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
鸡血藤醇提物 *Caulis spatholobi* ethanol extract	0.00	0.04	0.08	0.16	0.32	0.64
羧甲基纤维素 Carboxymethyl cellulose	2.00	1.96	1.92	1.84	1.68	1.36
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]						
粗蛋白质 CP	38.57	38.56	38.58	38.59	38.58	38.57
粗脂肪 EE	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23	6.22
粗灰分 Ash	10.13	10.11	10.12	10.06	10.19	10.12
水分 Moisture	6.35	6.32	6.29	6.65	6.63	6.61
钙 Ca	1.26	1.25	1.28	1.25	1.28	1.26
总磷 TP	1.90	1.88	1.87	1.89	1.87	1.85
总能 GE/(MJ/kg)	11.91	11.90	11.89	11.88	11.85	11.79

[1)]预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diets：Fe 150 mg，Zn 30 mg，Mn 13 mg，Cu 3 mg，Co 0.1 mg，I 0.6 mg，Se 0.15 mg，VC 100 mg，VB_1 3 mg，VB_2 10 mg，VB_6 12 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 30 mg，烟酸 nicotinic acid 30 mg，生物素 biotin 0.1 mg，叶酸 folic acid 2 mg，VB_{12} 0.01 mg，肌醇 inositol 400 mg，胆碱 choline 1 000 mg，VA 2 000 IU，VD_3 1 000 IU，VE 60 mg，VK 6 mg。

[2)]总能为计算值，其余为实测值。GE was a calculated value, while the others were measured

values.

1.2 试验方法

1.2.1 饲养试验

将前期选取出的 720 尾黄颡鱼进行分箱养殖，共分成 6 组，每组 3 个重复，每个重复 40 尾鱼，以重复为单位养殖在天津市蓝科水产有限公司孵化车间内的直径为 1.5 m、深度为 0.75 m 的圆形孵化桶中，孵化桶分别记作 T1-1、T1-2、T1-3、T2-1……T6-2、T6-3，投喂对应饲料。试验期间，增氧机 24 h 运行，每日投喂 2 次，分别于 09：00、17:00。换水则每日下午进行，先更换 1/3 的水量，隔天更换 2/3 的水量，以保证试验期间水环境的稳定，避免因水质变化而引起病害。饲养试验为期 2 个月，饲养前后分别记录下黄颡鱼的体长、体高、体重，用于生长指标的测定。

1.2.2 样品采集

饲养试验结束后，每个重复选取 15 尾鱼，使用 2 mL 一次性无菌注射器进行尾静脉取血，并以 4 500 r/min 的转速离心 15 min，制得血清样品，于-80 ℃冻存待测。取血后的黄颡鱼在冰浴条件下解剖，分别取出鳃、脑、头肾、中肾、肝胰脏、脾脏，用生理盐水洗去附着于器官表面的血块及脂肪组织，鳃、脑、头肾、中肾、肝胰脏、脾脏按照 1:9 的质量体积比加入生理盐水制成 10%的匀浆液，肠道则按照 1:4 的质量体积比加入生理盐水制成 20%的匀浆液，经过 4 000 r/min、20 min 的离心，静止充分沉淀后，取上清液置于-80 ℃保存备用。

1.2.3 指标测定

1.2.3.1 饲料营养成分测定

水分含量采用 105 ℃常压恒温烘干法（GB/T 5009.3-2010）测定，粗蛋白质（CP）含量采用杜马斯灼烧法（GB/T 24318-2009）测定，粗脂肪（EE）含量采用索氏抽提法（GB/T 5009.6-2010）测定，粗灰分（Ash）含量采用 550 ℃高温灼烧法（GB/T 5009.4-2010）测定，钙（Ca）含量采用高锰酸钾滴定法（GB/T 6436-2002）测定，总磷（TP）含量采用钼钒酸比色法（GB/T 6437-2002）测定，总糖(TS)含量采用铁氰化钾法（GB/T 9695.31-1991）测定。总能(GE)利用公式计算得出，计算公式为：

$$GE=(CP\times5.64+EE\times9.44+TS\times4.11)/100\times4.184$$。

1.2.3.2 抗氧化指标和非特异性免疫指标测定

丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽(GSH)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、一氧化氮(NO)、谷丙转氨酶（GTP）、谷草转氨酶(GOP)、补体3(C3)、球蛋白 M(IgM)、白蛋白(ALB)测定试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，具体测定方法参照所附说明书。

1.2.3.3　抗病力测定

饲养试验结束后，使用天津水产研究所保存的嗜水气单胞菌（*Aeromonas hydrophila*）进行攻毒试验。将嗜水气单胞菌活化后，使用无菌磷酸盐缓冲液（PBS）将浓度调至 2×10^8 CFU/mL，每箱取 10 尾体长、体重基本一致的黄颡鱼，按每 100 g 体重腹腔注射菌液 2 mL 的剂量进行攻毒注射，保持养殖条件不变，每天定时观察并记录鱼体死亡情况，试验周期为 1 周，统计各组鱼的累积死亡率（cumulative mortality）和免疫保护率(immune protective rate)。

累积死亡率(%)=$100\times N_2/N_1$；

免疫保护率（%）=$(1-F_2/F_1)\times100$。

式中：N_1 为初受感染鱼尾数；N_2 为终死亡鱼尾数；F_1 为对照组死亡率；F_2 为试验组死亡率。

1.4　数据处理与分析

试验数据用平均值±标准误表示，采用 SPSS 16.0 软件包中的单因素方差分析(one-way ANOVA)和 LSD 法多重比较进行分析，以 $P<0.05$ 作为差异显著性标准。

2　结果与分析

2.1　鸡血藤醇提物对黄颡鱼体内抗氧化指标的影响

2.1.1　鸡血藤醇提物对黄颡鱼体内 SOD 活性的影响

由表 2 可知，对照组黄颡鱼体内 SOD 活性顺序为肝胰脏>中肾>脾脏>鳃>头肾>血清>脑；添加鸡血藤后，黄颡鱼体内 SOD 活性排序基本不变，仅 T3、T5、T6 组鳃和头肾交换了位置。与对照组相比，T2 组肝胰脏、中肾、脾脏、鳃、头肾、血清、脑中 SOD 活性虽均有升高，但差异均未达显著水平($P>0.05$)；T3 组中肾、脾脏和血清中 SOD 活性显著提高（$P<0.05$），分别为对照组的 1.68、1.58 和 1.33 倍；T4 组肝胰脏、中肾、脾脏、鳃、头肾、血清、脑中 SOD 活性均显著提高（$P<0.05$），分别为对照组的 1.51、2.37、1.92、1.81、1.73、1.48、1.70 倍；T5 组肝胰脏、中肾、脾脏、鳃和头肾中 SOD 活性显著提高（$P<0.05$），分

别为对照组 1.30、2.03、1.83、1.34 和 1.43 倍。

表 2 鸡血藤提取物对黄颡鱼体内 SOD 活性的影响

Table 2 Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on SOD activity of *Pelteobagrus fulvidraco*

U/mg prot

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
肝胰脏 Hepatopancreas	187.56 ± 5.67^{c}	220.82 ± 2.25^{bc}	230.04 ± 6.89^{bc}	283.14 ± 3.36^{a}	243.87 ± 9.41^{ab}	231.59 ± 17.24^{bc}
头肾 Head kidney	66.23 ± 6.41^{c}	71.93 ± 12.96^{bc}	81.72 ± 1.71^{bc}	114.59 ± 0.08^{a}	95.01 ± 16.84^{ab}	81.88 ± 0.36^{bc}
血清 Serum	54.46 ± 0.39^{c}	65.67 ± 2.99^{bc}	72.20 ± 4.01^{ab}	80.94 ± 2.45^{a}	70.32 ± 3.06^{bc}	62.28 ± 9.42^{bc}
鳃 Gill	66.30 ± 7.30^{c}	73.57 ± 10.27^{bc}	80.86 ± 0.20^{bc}	120.10 ± 0.70^{a}	88.53 ± 2.96^{ab}	71.31 ± 7.72^{c}
脑 Brain	29.36 ± 1.36^{b}	36.47 ± 7.64^{ab}	39.29 ± 7.62^{ab}	50.11 ± 2.54^{a}	44.63 ± 2.70^{ab}	36.38 ± 6.97^{ab}
脾脏 Spleen	83.70 ± 5.15^{c}	97.72 ± 5.59^{bc}	131.87 ± 2.28^{ab}	161.47 ± 20.25^{a}	152.95 ± 20.91^{a}	128.84 ± 7.92^{ab}
中肾 Mid kidney	104.54 ± 0.48^{c}	153.19 ± 16.34^{bc}	176.13 ± 0.38^{b}	247.64 ± 45.33^{a}	212.51 ± 39.02^{ab}	209.66 ± 2.90^{ab}

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01). The same as below.

2.1.2 鸡血藤醇提物对黄颡鱼体内 MDA 含量的影响

由表 3 可知，对照组黄颡鱼体内 MDA 含量顺序为脾脏<中肾<鳃<头肾<肝胰脏<血清<脑，T2、T5、T6 黄颡鱼体内 MDA 含量排序与对照组一致，T3 和 T4 组稍有变化，为中肾<脾脏<鳃<头肾<肝胰脏<血清<脑。与对照组相比，T2 组头肾和脾脏中 MDA 含量显著降低（P<0.05），分别比对照组降低了 23.9%和 17.8%；T3 组头肾、血清、脾脏和中肾中 MDA 含量显著降低（P<0.05），分别比对照组降低了 29.9%、47.9%、27.8%和 38.9%；T4 组头

肾、血清、脑、脾脏和中肾中 MDA 含量显著降低（$P<0.05$），分别比对照组降低了 60.5%、56.0%、48.8%、45.0%和 59.1%；T5 组肝胰脏、头肾、血清、鳃、脑、脾脏和中肾中 MDA 含量均显著降低（$P<0.05$），分别比对照组降低了 60.6%、38.9%、42.1%、59.7%、54.7%、54.4%和 45.3%；T6 组头肾、鳃、脑、脾脏和中肾中 MDA 含量显著降低，分别比对照组降低了 37.4%、54.6%、46.1%、33.9%和 38.9%。

表 3　鸡血藤提取物对黄颡鱼体内 MDA 含量的影响

Table 3　Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on MDA content of *Pelteobagrus fulvidraco*

nmol/mg prot

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
肝胰脏 Hepatopancreas	7.51 ± 1.21^{a}	6.47 ± 0.03^{ab}	5.83 ± 0.66^{ab}	5.00 ± 0.23^{ab}	2.96 ± 0.41^{c}	5.22 ± 0.15^{ab}
头肾 Head kidney	6.28 ± 0.26^{a}	4.78 ± 1.12^{bc}	4.40 ± 0.22^{bc}	2.48 ± 0.18^{c}	3.84 ± 1.30^{bc}	3.93 ± 0.10^{bc}
血清 Serum	15.60 ± 1.27^{a}	12.01 ± 4.43^{ab}	8.13 ± 1.27^{bc}	6.87 ± 1.37^{c}	9.03 ± 1.69^{bc}	11.19 ± 2.85^{ab}
鳃 Gill	2.95 ± 0.02^{a}	1.91 ± 0.27^{ab}	1.87 ± 1.03^{ab}	1.52 ± 0.06^{ab}	1.19 ± 0.17^{c}	1.34 ± 0.14^{bc}
脑 Brain	22.08 ± 3.56^{a}	18.53 ± 3.14^{ab}	15.47 ± 5.48^{ab}	11.31 ± 0.80^{bc}	10.00 ± 0.41^{c}	11.90 ± 1.94^{bc}
脾脏 Spleen	1.80 ± 0.15^{a}	1.48 ± 0.02^{b}	1.30 ± 0.13^{b}	0.99 ± 0.12^{bc}	0.82 ± 0.08^{c}	1.19 ± 0.43^{b}
中肾 Mid kidney	2.03 ± 0.36^{a}	1.56 ± 0.17^{ab}	1.24 ± 0.21^{bc}	0.83 ± 0.05^{c}	1.11 ± 2.06^{bc}	1.24 ± 0.09^{bc}

2.1.3　鸡血藤醇提物对黄颡鱼体内 CAT 活性的影响

由表 4 可知，对照组以及 T2、T3 组黄颡鱼体内 CAT 活性顺序一致，均为肝胰脏>脑>鳃>血清>中肾>脾脏>头肾；T4、T5 组黄颡鱼体内 CAT 活性顺序一致，均为脑>肝胰脏>鳃>血清>中肾>脾脏>头肾；T6 组黄颡鱼体内 CAT 活性顺序为脑>肝胰脏>血清>鳃>中肾>脾脏>头肾。T4 组肝胰脏、头肾、鳃、脑、脾脏中 CAT 活性分别是对照组的 1.45、1.77、1.81、2.17、1.43 倍，差异显著（$P<0.05$）；T5 组头肾、脑中 CAT 活性分别是对照组的 1.67、1.94 倍，差异显著（$P<0.05$）。

表 4　鸡血藤提取物对黄颡鱼体内 CAT 活性的影响

Table 4　Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on CAT activity of *Pelteobagrus fulvidraco*

U/mg prot

项目 Items	T1	T2	T3	T4	T5	T6
肝胰脏 Hepatopancreas	188.05±6.42^{c}	213.39±10.30^{bc}	228.16±31.5^{bc}	271.79±14.16^{a}	202.17±15.64^{bc}	199.69±7.47^{c}
头肾 Head kidney	4.21±0.40^{c}	5.73±1.12^{bc}	6.35±0.07^{ab}	7.47±0.07^{a}	7.01±1.49^{ab}	6.42±0.11^{ab}
血清 Serum	60.03±0.26^{b}	72.13±6.90^{a}	75.47±3.32^{a}	78.14±0.45^{a}	76.69±1.85^{a}	72.27±2.11^{a}
鳃 Gill	66.30±7.30^{c}	73.57±10.27^{bc}	80.86±0.20^{bc}	120.10±0.70^{a}	88.53±2.96 ^{ab}	71.31±7.72^{bc}
脑 Brain	152.83±2.75^{d}	179.67±14.89^{cd}	208.32±3.17^{bc}	332.28±1.26^{a}	296.79±7.75^{a}	231.19±26.99^{b}
脾脏 Spleen	6.96±0.64^{c}	7.32±0.07^{bc}	8.28±0.49^{bc}	10.02±0.80^{a}	8.36±1.08^{bc}	8.38±0.30^{abc}
中肾 Mid kidney	18.71±2.37^{a}	23.75±3.93^{a}	17.86±0.30^{a}	19.71±1.69^{a}	20.77±1.06^{a}	23.15±1.72^{a}

2.1.4 鸡血藤醇提物对黄颡鱼体内 GSH 含量的影响

由表 5 可知，对照组和 T2 组黄颡鱼体内 GSH 含量顺序一致，均为血清>肝胰脏>中肾>脑>脾脏>头肾>鳃；T3、T4、T5 和 T6 组黄颡鱼体内 GSH 含量顺序一致，均为血清>肝胰脏>脑>中肾>脾脏>头肾>鳃。与对照组相比，添加鸡血藤醇提物的各试验组肝胰脏、血清中 GSH 含量均有显著提升，并随鸡血藤醇提物添加量的增加呈先上升后下降的趋势，其中 T4 组肝胰脏、脾脏和中肾中 GSH 含量分别是对照组的 2.09、2.25 和 1.99 倍，T5 组肝胰脏、血清和脑中 GSH 含量分别是对照组的 1.95、2.51、3.18 倍。鸡血藤醇提物对黄颡鱼头肾和鳃中 GSH 含量无显著影响(P>0.05)。

表 5　鸡血藤提取物对黄颡鱼体内 GSH 含量的影响

Table 5　Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on GSH content of *Pelteobagrus fulvidraco*

μmol/g prot

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
肝胰脏 Hepatopancreas	50.08±2.50^{c}	65.00±1.48^{b}	77.12±4.71^{b}	104.63±9.53^{a}	97.75±6.14^{a}	66.50±1.06^{b}
头肾 Head kidney	11.40±2.65	12.47±0.97	12.94±0.32	13.90±0.66	11.19±0.72	11.09±0.20
血清 Serum	126.55±7.19^{d}	182.17±23.85^{c}	221.00±15.53^{c}	273.39±1.19^{b}	317.51±21.09^{a}	262.70±13.82^{b}
鳃 Gill	9.02±0.43	9.05±2.05	9.45±0.40	9.37±0.87	9.66±0.78	9.37±0.08

脑 Brain	16.29±0.83^{c}	20.10±2.44^{c}	36.72±9.36^{b}	41.17±0.42^{b}	52.08±0.45^{a}	44.48±3.40^{ab}
脾脏 Spleen	11.91±0.72^{c}	13.35±0.92^{c}	17.48±0.14^{bc}	26.82±3.59^{a}	21.06±1.93^{b}	16.71±0.32^{bc}
中肾 Mid kidney	22.99±2.61^{d}	27.46±2.50^{cd}	35.06±1.87^{bc}	45.77±1.12^{a}	38.13±6.96^{ab}	33.32±1.56^{bc}

2.1.5 鸡血藤醇提物对黄颡鱼体内 GSH-Px 活性的影响

由表 6 可知，对照组黄颡鱼体内 GSH-Px 活性顺序为头肾>肝胰脏>脾脏>中肾>脑>血清>鳃；T2 组黄颡鱼体内 GSH-Px 活性顺序为头肾>肝胰脏>脑>脾脏>血清>中肾>鳃；T3、T5 和 T6 组黄颡鱼体内 GSH-Px 活性顺序一致，均为头肾>肝胰脏>脑>血清>中肾>脾脏>鳃；T4 组黄颡鱼体内 GSH-Px 活性顺序为头肾>肝胰脏>血清>脑>中肾>脾脏>鳃。T4 组血清和中肾中 GSH-Px 活性分别是对照组的 2.53 和 1.72 倍，差异显著（$P<0.05$）；T5 组肝胰脏、血清和脑中 GSH-Px 活性分别是对照组的 1.79、2.47 和 2.83 倍，差异显著（$P<0.05$）。鸡血藤醇提物对黄颡鱼头肾、鳃和脾脏中 GSH-Px 活性并无显著影响($P>0.05$)。

表 6 鸡血藤提取物对黄颡鱼体内 GSH-Px 活性的影响

Table 6 Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on GSH-Px activity of *Pelteobagrus fulvidraco*

μmol/g prot

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
肝胰脏 Hepatopancreas	74.58±15.98^{c}	84.84±8.22^{bc}	102.16±8.08^{abc}	127.64±17.66^{ab}	133.85±25.03^{a}	109.43±22.99^{abc}
头肾 Head kidney	185.32±15.06	190.86±1.09	187.28±7.38	191.76±9.11	196.71±3.53	197.60±6.39
血清 Serum	19.78±1.86^{b}	26.37±0.01^{ab}	34.29±3.73^{ab}	50.11±0.02^{a}	48.79±4.24^{a}	42.20±11.19^{ab}
鳃 Gill	11.57±0.76	12.12±0.69	13.44±0.37	12.24±1.74	11.56±0.84	12.65±1.24
脑 Brain	20.98±5.80^{c}	33.70±7.17^{bc}	37.18±3.04^{bc}	48.49±2.17^{ab}	59.30±2.89^{a}	44.48±6.93^{ab}
脾脏 Spleen	29.02±3.53	30.44±2.56	20.78±4.02	22.92±0.26	28.78±4.19	23.01±2.29
中肾 Mid kidney	21.19±0.22^{c}	25.59±5.39^{bc}	23.11±5.11^{c}	36.36±0.20^{a}	33.31±1.35^{ab}	23.39±1.73^{c}

2.1.6 鸡血藤醇提物对黄颡鱼体内 NO 含量的影响

由表 7 可知，对照组黄颡鱼体内 NO 含量顺序为鳃>血清>脾脏>脑>肝胰脏>中肾>头肾，

T2 和 T3 组黄颡鱼体内 NO 含量顺序一致，均为血清>鳃>脾脏>肝胰脏>脑>头肾>中肾；T4 组黄颡鱼体内 NO 含量顺序为血清>鳃>脾脏>肝胰脏>头肾>脑>中肾；T5 组黄颡鱼体内 NO 含量顺序为血清>脾脏>肝胰脏>鳃>脑>头肾>中肾；T6 组黄颡鱼体内 NO 含量顺序为血清>脾脏>鳃>脑>肝胰脏>头肾>中肾。肝胰脏、头肾、血清中 NO 含量随鸡血藤醇提物添加量的增加呈先上升后下降趋势，但添加鸡血藤醇提物的各试验组与对照组相比均有上升，其中 T4 组肝胰脏和血清中 NO 含量分别是对照组的 2.55 和 3.29 倍（$P<0.05$），T5 组肝胰脏和头肾中 NO 含量分别是对照组的 2.68 和 4.00 倍（$P<0.05$）。鳃、脑中 NO 含量随鸡血藤醇提物添加量的增加呈先下降后上升的趋势，添加鸡血藤醇提物的各试验组鳃、脑中 NO 含量均低于对照组，其中 T5 组鳃、T4 组脑中 NO 含量下降最为明显，分别较对照组下降了 80.1%、71.1%（$P<0.05$）。鸡血藤醇提物对脾脏、中肾中 NO 含量无显著影响($P>0.05$)。

表 7　鸡血藤提取物对黄颡鱼体内 NO 含量的影响

Table 7　Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on NO content of *Pelteobagrus fulvidraco*

μmol/g prot

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
肝胰脏 Hepatopancreas	0.22±0.04^{c}	0.42±0.08^{ab}	0.39±0.05^{b}	0.56±0.09^{a}	0.59±0.06^{a}	0.33±0.05^{bc}
头肾 Head kidney	0.08±0.01^{c}	0.15±0.03^{bc}	0.10±0.02^{bc}	0.25±0.01^{b}	0.32±0.01^{a}	0.23±0.01^{b}
血清 Serum	1.34±0.29^{c}	2.40±0.08^{b}	1.91±0.32^{bc}	4.41±0.65^{a}	2.33±0.02^{b}	2.69±0.08^{b}
鳃 Gill	2.84±0.48^{a}	1.16±0.59^{b}	1.03±0.37^{bc}	0.98±0.15^{bc}	0.54±0.06^{c}	0.73±0.30^{bc}
脑 Brain	0.52±0.15^{a}	0.31±0.03^{bc}	0.21±0.06^{bc}	0.15±0.01^{c}	0.36±0.04^{ab}	0.35±0.08^{abc}
脾脏 Spleen	1.28±0.24	1.11±0.10	0.93±0.01	0.95±0.12	1.14±0.48	1.20±0.24
中肾 Mid kidney	0.13±0.02	0.12±0.05	0.07±0.03	0.10±0.03	0.03±0.01	0.09±0.03

2.2　鸡血藤醇提物对黄颡鱼肝胰脏和血清中非特异性免疫指标的影响

2.2.1　鸡血藤醇提物对黄颡鱼肝胰脏和血清中转氨酶活性的影响

由表 8 可知，黄颡鱼体内 2 种转氨酶活性均为肝胰脏>血清。在肝胰脏中，GOT 与 GPT

活性随鸡血藤醇提物添加量的增加均呈先上升后下降的趋势，均在 T5 组达到最大值，分别为对照组的 1.31 和 1.21 倍（P<0.05）。在血清中，GOT 与 GPT 活性随鸡血藤醇提物添加量的增加均呈现先下降后上升的趋势，分别在 T4 组和 T5 组达到最小值，比对照组分别下降了 41.5%和 56.3%（P<0.05）。

表 8　鸡血藤醇提物对黄颡鱼肝胰脏和血清中转氨酶活性的影响

Table 8　Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on aminotransferase activities in hepatopancreas and serum of *Pelteobagrus fulvidraco*

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
肝胰脏 Hepatopancreas/(U/g prot)						
谷草转氨酶 GOT	104.71±4.51^{c}	113.31±34.13^{bc}	125.11±11.71^{b}	130.25±8.25^{b}	137.48±13.09^{a}	126.66±7.58^{b}
谷丙转氨酶 GPT	121.22±7.89^{c}	133.88±9.01^{bc}	134.63±8.52^{b}	143.42±7.81^{a}	146.43±15.70^{a}	137.53±17.24^{b}
血清 Serum/(U/L)						
谷草转氨酶 GOT	22.26±3.52^{a}	19.00±1.64^{ab}	19.75±10.97^{ab}	13.03±1.51^{c}	17.64±9.51^{bc}	17.35±0.20^{bc}
谷丙转氨酶 GPT	8.45±3.95^{a}	6.09±2.24^{ab}	6.42±2.92^{ab}	3.92±0.01^{b}	3.69±1.60^{b}	6.07±2.11^{ab}

2.2.2　鸡血藤醇提物对黄颡鱼血清中 C3、ALB 和 IgM 含量的影响

由表 9 可知，血清中 C3 和 ALB 含量随鸡血藤醇提物添加量的增加均呈现先上升后下降的趋势，且均在 T5 组达到最大值，分别是对照组的 3.51 和 1.42 倍（P<0.05）。各组血清 IgM 含量并无显著差异(P>0.05)。

表 9　鸡血藤醇提物对黄颡鱼血清中 C3、ALB 和 IgM 含量的影响

Table 9　Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on C3, ALB and IgM contents in serum of *Pelteobagrus fulvidraco*

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
补体 3 C3/（mg/L）	61.79±1.75^{d}	95.19±5.47^{c}	130.54±2.97^{bc}	173.12±8.36^{b}	217.78±2.06^{a}	179.09±7.00^{b}
白蛋白 ALB/(g/L)	26.57±4.51^{b}	26.16±1.42^{b}	29.55±0.46^{ab}	33.81±2.75^{ab}	37.72±2.71^{a}	31.96±3.59^{ab}
免疫球蛋白 M	6.97±0.61	6.66±0.58	7.02±0.70	6.48±0.35	6.93±1.05	7.24±1.17

IgM/(mg/L)

2.3 鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗病力的影响

由表 10 可知，饲养试验结束后，腹腔注射嗜水气单胞菌，7 d 内黄颡鱼累积死亡率随着鸡血藤醇提物添加量的增加呈现先下降后上升的趋势，并在 T4、T5 组有较低值，分别比对照组下降了 37.9%、34.5%（$P<0.05$）。通过计算免疫保护率可知，在 T4 组时免疫保护率达到最大值，显著高于 T2 和 T3 组（$P<0.05$），与 T5 和 T6 组差异不显著（$P>0.05$）。

表 10　鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗病力的影响

Table 10　Effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on disease resistance of *Pelteobagrus fulvidraco*　%

项目 Items	组别 Groups					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
累积死亡率 Cumulative mortality	72.5±3.5[a]	62.5±3.5[ab]	57.5±3.5[ab]	45.0±7.07[b]	47.5±3.5[b]	52.5±3.5[ab]
免疫保护率 Immune protective rate	—	7.41±5.24[c]	14.81±5.24[bc]	33.33±10.48[a]	29.63±5.24[ab]	22.22±5.24[ab]

3 讨　论

3.1 鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗氧化能力的影响

鸡血藤目前主要应用于抗氧化、抗炎症、抗肿瘤等方面，同时鸡血藤还具有镇静催眠的作用[9]。黄酮类化合物为鸡血藤醇提物的主要有效成分之一，有报道指出其是通过调控细胞周期进程进而发挥抗肿瘤作用的[10]，通过清除羟自由基(·OH)、超氧阴离子氧自由基(O^{2-}·)及过氧化氢（H_2O_2）发挥抗氧化作用[11]。天然黄酮类化合物有很强的抗氧化、抗衰老作用，其基本骨架上的羟基取代基是清除自由基的活性基团，羟基的取代位置和取代形式对其生物活性具有重要影响。羟基取代基清除自由基机制主要是通过电离出氢原子，中和氧自由基并且与已经电离的黄酮类化合物结合成二聚体防止逆向结合，从而清除自由基[12-13]。如于文广等[14]报道，运用 4 种药用植物花提取总黄酮并测定其抗氧化作用，结果 4 种药用植物花提取液均有一定的还原能力，在一定浓度范围内其还原能力与黄酮含量呈正相关。

本试验中，鸡血藤醇提物可以提高黄颡鱼血清及各组织中 SOD、CAT 及 GSH-Px 活性，

提高 GSH 含量，并显著降低 MDA 含量，说明鸡血藤醇提物提升了黄颡鱼血清及各组织的抗氧化能力，并且降低了血清及各组织的氧化程度。SOD 是体内非常重要的抗氧化酶和氧自由基清除剂，SOD 活性越高，代表机体清除自由基能力越强[15]。CAT 是以 H_2O_2 为底物，通过催化一对电子的转移而最终将其分解为水和氧气（O_2），该酶是在生物演化过程中建立起来的生物防御系统的关键酶之一[16-17]。GSH-Px 能催化 GSH 变为氧化型谷胱甘肽（GSSG），使有毒的过氧化物还原成无毒的羟基化合物，从而保护细胞膜的结构和功能，GSH 含量和 GSH-Px 活力越高，代表机体抗氧化损伤能力越强。MDA 含量反映了机体细胞受自由基攻击的严重程度，因此其数值越低表明细胞氧化损伤程度越低。刘俊林等[11]研究发现 13.6～217.0 μg/L 鸡血藤醇提物中总黄酮可浓度依赖性抑制[二价铁离子（Fe^{2+}）+抗坏血酸]诱导的大鼠心脏、肝脏、肾脏 MDA 的生成。此结果与本试验结果相似，因此可作为理论支持。王璐等[18]研究发现荔枝核总黄酮可降低大鼠肠组织中 NO、MDA 含量和一氧化氮合酶（NOS）活性，促进 SOD 活性和 GSH-Px 含量升高。此结果与本试验结果相类似，可作为本试验理论基础。

诱导型一氧化氮合酶（iNOS）是介导炎症反应重要的酶，iNOS 催化 *L*-精氨酸氧化成 NO[19]。细胞内信号转导、凝集血小板、提升免疫防御力和舒张血管是 NO 在生理上的功能。强氧化性物质及过氧化亚硝酸盐在 NO 和 O_2 反应时会大量生成[20]。付远妨等[21]研究发现鸡血藤黄酮乙酸乙酯部位（EFSF）能显著降低 H_2O_2 诱导的氧化应激细胞的 NO 分泌水平及细胞内活性氧（ROS）含量，说明 EFSF 对氧化应激损伤具有一定的保护作用。在本试验中，鸡血藤醇提物对黄颡鱼肝胰脏、头肾、血清中 NO 含量有促进作用，对鳃、脑这类氧交换密切的组织中 NO 含量有抑制作用。本试验结果与以上结论相类似，肝胰脏、头肾、血清中 NO 含量上升可起到增强抗氧化能力的作用，鳃、脑中 NO 含量下降可降低强氧化性物质及过氧化亚硝酸盐对机体的损伤。

目前对黄酮类物质的研究相对较丰富，但从鸡血藤提取的黄酮类物质对机体的抗氧化能力的研究较少，尤其是对于黄颡鱼的应用研究更为稀少，从本试验结果来看，鸡血藤醇提物对黄颡鱼抗氧化能力有提高作用，有待于从分子水平研究其作用机理。

3.2 鸡血藤醇提物对黄颡鱼非特异性免疫力及抗病力的影响

鱼类是特异性免疫和非特异性免疫并存的低等脊椎动物，但与哺乳动物相比，鱼类特异

性免疫机制并不完善，其主要依赖非特异性免疫发挥作用[22]。转氨酶有很多种类，其中GOT和GPT是氨基酸代谢过程中2个重要的氨基转移酶，在正常的鱼体内这2种转氨酶主要存在于细胞内，以肝细胞内活性最大，血清中活性极小，但当肝胰脏组织受到损害时，可能有大量的GOT和GPT从细胞内逸出进入血液，使血清中的这2种转氨酶的活性升高[23]。本试验中，肝胰脏中GOT和GPT活性随鸡血藤醇提物添加量的增加呈先上升后下降的趋势，而在血清中则呈先下降后上升的趋势，说明鸡血藤醇提物中黄酮类化合物可以降低血清中上述种转氨酶的活性，起到保护肝脏的作用。陈从显等[24]研究发现鸡血藤醇提物能抑制四氯化碳（CCl_4）导致的血清GOT、GPT活性升高。亢泽春等[25]研究发现鸡血藤总黄酮能改善小鼠由乙醇所致的酒精肝，使血清中GOT、GPT活性降低。以上2个研究结果均与本试验结果相似，可作为相关依据。

C3、ALB、IgM是鱼体重要的3个非特异性免疫指标。C3是生物血清内含量最高的补体蛋白，参与多种免疫调节，如免疫防御、免疫调控、免疫病理等，只有C3被活化之后，才能带动后续补体成分的连锁反应[26]。本试验中，饲料中添加0.32%（T5组）鸡血藤醇提物能有效提高血清中C3含量，与对照组（T1组）差异最为显著。彭耀宗等[27]研究表明，草鱼血清中C3含量的增加可能是由于上调*C3* mRNA的表达来实现的，其具体作用机理有待通过分子手段进行进一步研究。血清中的ALB具有结合和运输内源性与外源性物质、维持血液胶体渗透压、清除自由基、抑制血小板聚集和抗凝血等生理功能。本试验中，饲料中添加0.32%（T5组）鸡血藤醇提物时，血清中ALB含量达到最高，由此可以说明鸡血藤醇提物可以提高黄颡鱼血清中ALB含量，维持血液渗透压平衡，促进血液与各组织之间的物质交换，进而提高非特异性免疫能力，具体作用机理有待进一步研究。在鱼类的免疫球蛋白中，IgM含量最丰富，在鱼类非特异性免疫中起主要作用[28]。本试验中，鸡血藤醇提物未对血清中IgM含量产生显著影响，推测原因可能是病原体在未进入血液时已经被消除，因而IgM含量并未有显著变化，具体作用机理有待进一步研究。

本试验中，攻毒7 d后黄颡鱼的累积死亡率随着鸡血藤醇提物添加量的增加呈先下降后上升的趋势，而免疫保护率则呈先上升后下降的趋势，证明长期投喂含鸡血藤醇提物饲料可以提高黄颡鱼的非特异性免疫能力，进而提高其成活率，预防疾病。

4 结　论

① 鸡血藤醇提物能有效提高黄颡鱼体内 SOD、CAT、GSH-Px 活性及 GSH 含量，减少 MDA 含量，对 NO 具有一定的调节作用，并能有效降低血清中 GOT、GPT 活性，提高 C3、ALB 含量。其中，鸡血藤醇提物添加量为 0.16%、0.32%时对抗氧化能力和非特异性免疫力的提高效果较好。

② 饲料中添加 0.16%、0.32%鸡血藤醇提物可有效降低攻毒后黄颡鱼的累积死亡率，并提高免疫保护率。

③ 综合抗氧化能力、非特异性免疫力和抗病力，黄颡鱼饲料中鸡血藤醇提物的适宜添加量为 0.16%～0.32%。

参考文献：

[1] 曹斌,韦桂宁.鸡血藤中黄酮类化合物药理作用研究进展[J].内科,2017,12(3):341–343.

[2] 刘仰斌,张志花.鸡血藤提取物对脑缺血再灌注损伤大鼠 ATP 酶活性影响的实验研究[J].牡丹江医学院学报,2017,38(1):12–15.

[3] 谭潇,董宪喆,郭代红,等.鸡血藤醇提物及其活性成分儿茶素抗辐射作用及机制研究[J].中国中药杂志,2016,41(9):1718–1724.

[4] 刘仰斌,张志花.鸡血藤对去卵巢豚鼠脂代谢影响的实验研究[J].宜春学院学报,2014,36(3):65–68,117.

[5] 程悦,符影,王志宇,等.鸡血藤提取物中缩合鞣质的含量测定及其抗肿瘤活性初步研究[J].中山大学学报:自然科学版,2011,50(2):75–80.

[6] 冯淑华,李可意,李灵芝.6 种中药粗提物对胎鼠体外骨生长的影响[J].北京联合大学学报,2009,23(1):11–13,17.

[7] 王宪青,余善鸣,刘妍妍.油脂的氧化稳定性与抗氧化剂[J].肉类研究,2003(3):18–20,47.

[8] 沈建中.黄颡鱼的生物学特性及其养殖技术[J].养殖与饲料,2002(3):37–40.

[9] 符影,程悦,陈建萍,等.鸡血藤化学成分及药理作用研究进展[J].中草药,2011,42(6):1229–1234.

[10] 唐勇,何薇,王玉芝,等.鸡血藤黄酮类组分抗肿瘤活性研究[J].中国实验方剂学杂志,2007,13(2):51–54.

[11] 刘俊林.鸡血藤醇提物清除氧自由基的实验研究[J].卫生职业教育,2006,24(2):128–129.

[12] 杨杰,沙金丹,高翔,等.黄酮类化合物的免疫调节作用及机制[J].动物营养学报,2017,29(12):4295–4300.

[13] 陈永钧,龙晓英,潘素静,等.黄酮类化合物的药效机制及构效关系研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(11):337–344.

[14] 于文广,王郝,白莹,等.四种药用植物花总黄酮类物质提取及抗氧化性研究[J].中国野生植物资源,2010,29(2):44–47.

[15] BASU S.Carbon tetrachloride-induced lipid peroxidation:eicosanoid formation and their regulation by antioxidant nutrients[J].Toxicology,2003,189(1/2):113–127.

[16] SCHRADER M,FAHIMI H D.Peroxisomes and oxidative stress[J].Biochimica et Biophysica Acta：Molecular Cell Research,2006,1763(12):1755–1766.

[17] ZAMOCKY M,FURTMÜLLER P G,OBINGER C.Evolution of catalases from bacteria to humans[J].Antioxidants & Redox Signaling,2008,10(9):1527–1548.

[18] 王璐,姚兰,张爽,等.荔枝核总黄酮对脓毒症大鼠肠损伤的保护作用[J].现代中西医结合杂志,2017,26(29):3205–3207.

[19] MURAKAMI A.Chemoprevention with phytochemicals targeting inducible nitric oxide synthase[J].Forum of Nutrition,2009,61:193–203.

[20] 狄建彬,顾振纶,赵笑东,等.姜黄素的抗氧化和抗炎作用研究进展[J].中草药,2010,41(5):854–857.

[21] 付远妨,赵尉丹,蒙西南,等.鸡血藤黄铜乙酸乙酯部位对H_2O_2诱导RAW264.7细胞氧化应激的调节作用[J].黑龙江畜牧兽医,2017,(12):145–147,296.

[22] 李莉,李春梅.鱼类非特异性免疫研究进展[J].河南农业科学,2012,41(2):26–32.

[23] 陈晨,黄峰,舒秋艳,张丽,等.共轭亚油酸对草鱼生长、肌肉成分、谷草转氨酶及谷丙转氨酶活性的影响[J].水生生物学报,2010,34(3):647–651.

[24] 陈从显,徐爱钰,许勇,等.鸡血藤总黄酮对小鼠急性肝损伤的保护作用[J].滨州医学院学报,2012,35(3):189–191,188.

[25] 亢泽春,刘少华,高聪.鸡血藤总黄酮对酒精性肝损伤的保护作用及机制[J].中国老年学杂志,2013,33(23):5951–5953.

[26] 昝琦,刘欣,逄越,等.补体 C3 结构与功能研究进展[J].中国免疫学志,2014,30(4):549–553.

[27] 彭耀宗,周霞,韩冰,等.盐酸小檗碱对草鱼补体系统及补体 c3 作用的研究[J].淡水渔业,2016,46(2):50–54,81.

[28] 李春涛,张其中,曾伯平.黄颡鱼 *IgM* 基因的个体发生和抗体的代间传递[J].水产学报,2014,38(5):638–643.

Caulis spatholobi Ethanol Extract on Antioxidant Ability, Non-Specific Immunity and Disease Resistance of *Pelteobagrus fulvidraco*

LIU Jinsong[1] ZHOU Qikun[1] WANG Yang[1] YANG Guang[1] ZHANG Baolong[2] ZHU Guoxia[1] FANG Zhenzhen[1] BAI Dongqing[1*]

(1. *Tianjin Key Laboratory of Aqua-Ecology and Aquaculture, College of Fisheries, Tianjin Agricultural University, Tianjin* 300384, *China*; 2. *Tianjin Chenhui Modern Technology Co., Ltd., Tianjin* 301800, *China*)

Abstract: The present study aimed to evaluate the effects of *Caulis spatholobi* ethanol extract on the antioxidant ability, non-specific immunity and disease resistance of *Pelteobagrus fulvidraco.* Seven hundred and twenty healthy *Pelteobagrus fulvidraco* with the initial body weight of (35.25±1.63) g and initial body length of (14.07±0.24) cm, were selected, and then randomly divided into 6 groups with three replicates per group and 40 fish per replicate. Fish in the 6 groups were fed isonitrogenous and isoenergic diets supplemented with 0, 0.04%, 0.08%, 0.16%, 0.32%, 0.64% *Caulis spatholobi* ethanol extract, and marked as T1 to T6 groups in order. T1 group was set as the control group. After a 60-days feeding trial, the activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GSH-Px), the contents of malondialdehyde (MDA), glutathione (GSH) and nitric oxide (NO) in serum and various tissues（gill, brain, head kidney, middle kidney hepatopancreas and spleen）, the activities of glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT) and glutamic-pyruvic transaminase (GPT) in hepatopancreas and serum, and the contents of complement 3 （C3）, albumin (ALB) and immune globulin M (IgM) in serum

*Corresponding author, professor, E-mail: baidongqing@tjau.edu.cn (责任编辑 菅景颖)

were analyzed. After the feeding trial, the cumulative mortality and immune protective rate were calculated during 7 days after the challenge with injected *Aeromonas hydrophila*. The results showed that adding 0.16% to 0.32% *Caulis spatholobi* ethanol extract significantly improved the activities of SOD, CAT, GSH-Px and GSH content in different tissues and serum (P<0.05), significantly increased the contents of C3 and ALB in serum (P<0.05), and significantly reduced the content of MDA in different tissues and serum of *Pelteobagrus fulvidraco* (P<0.05). The activities of GOT and GPT in hepatopancreas were increased firstly and then decreased with the addition of *Caulis spatholobi* alcohol extract increasing, but showed an opposite trend in serum. However, the IgM content in serum had no significant difference among groups (P>0.05). The content of NO in hepatopancreas, serum and head kidney was raised firstly and then decreased with the addition of *Caulis spatholobi* alcohol extract increasing. In contrast, with the addition of *Caulis spatholobi* alcohol extract increasing, the content of NO was decreased firstly and then raised, and it in spleen and middle kidney had no significant change (P<0.05). In challenge test, adding 0.16% to 0.32% *Caulis spatholobi* ethanol extract significantly reduced the cumulative mortality rate (P<0.05), and effectively improved the immune protective rate. In summary, comprehensive antioxidant ability, non-specific immunity and disease resistance, the appropriate addition of *Caulis spatholobi* ethanol extract in diets for *Pelteobagrus fulvidraco* is 0.16% to 0.32%.

Key words: *Pelteobagrus fulvidrac*; *Caulis spatholobi* ethanol extract; antioxidant ability; non-specific immunity; disease resistance